

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Conference Paper, Published Version

Bödefeld, Jörg; Kloé, Katrin

Instandhaltung im Lebenszyklus eines Bauwerks

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/102015>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Bödefeld, Jörg; Kloé, Katrin (2011): Instandhaltung im Lebenszyklus eines Bauwerks. In: Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.): Instandhaltung von Verkehrswasserbauwerken. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau. S. 1-6.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



Instandhaltung im Lebenszyklus eines Bauwerks

Dr.-Ing. J. Bödefeld, Dipl.-Ing. K. Kloé (BAW)

1. Einleitung

Die Bundesrepublik Deutschland verfügt über ein Wasserstraßennetz von rund 7350 km Länge. Dazu zählen Flüsse (ca. 2830 km), staugeregelte Flüsse (ca. 2790 km) und Kanäle (ca. 1730 km). Etwa 6600 km dieser Wasserstraßen stehen der Binnenschifffahrt zur Verfügung, rund 750 km sind seeschiffahrtstauglich. An diesen Wasserstraßen befinden sich zahlreiche Bauwerke, die die Schifffbarkeit gewährleisten. Das Anlagevermögen liegt bei etwa 40 Mrd. €. Die Verantwortung für die Wasserstraßen und die zugehörigen Anlagen hat der Bund mit Artikel 89 des Grundgesetzes an die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) delegiert, die aufgefordert ist, mit effizientem und wirtschaftlichem Einsatz der Haushaltsmittel die Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs zu gewährleisten. Der Instandhaltung kommt damit eine sehr bedeutende Rolle zu.

2. Grundlagen

Im technischen Bereich haben sich die aus dem Maschinenbau stammenden Begriffe der DIN 31051 [1] durchgesetzt. Dort wird der Oberbegriff Instandhaltung mit den Elementen Wartung, Inspektion, Instandsetzung und Verbesserung beschrieben. Die Begriffe können an folgendem Diagramm erläutert werden, wobei die Begriffe sowohl für das Bauwerk als Gesamtes als auch einzelne Bauwerksteile gelten.

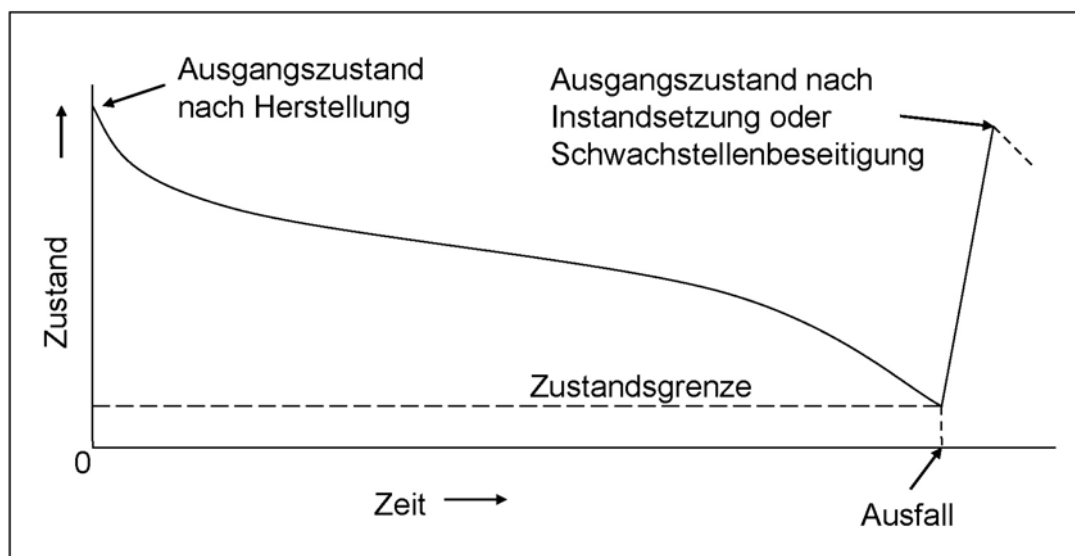


Bild 1: Darstellung der wichtigsten Begriffe [in Anlehnung nach 1]

Zu Beginn der Nutzungsdauer ist ein Bauwerk in einem sehr guten Zustand. Im Laufe der Zeit wird der Zustand schlechter. Maßnahmen, die den Alterungsprozess verzögern, werden als Wartung bezeichnet. Mit Inspektionen kann der tatsächliche Zustand des Bauwerks zu beliebigen Zeitpunkten ermittelt werden. Weicht der Ist-Zustand zu sehr vom Soll-Zustand ab oder die Zustandsgrenze

ist erreicht, werden Instandsetzungsmaßnahmen durchgeführt, um den Zustand zu verbessern und damit die tatsächliche Nutzungsdauer zu verlängern.

Die Fachwelt kennt drei Instandhaltungsstrategien, die unterschiedliche Vorgehensweisen bei der Durchführung der Maßnahmen beschreiben.

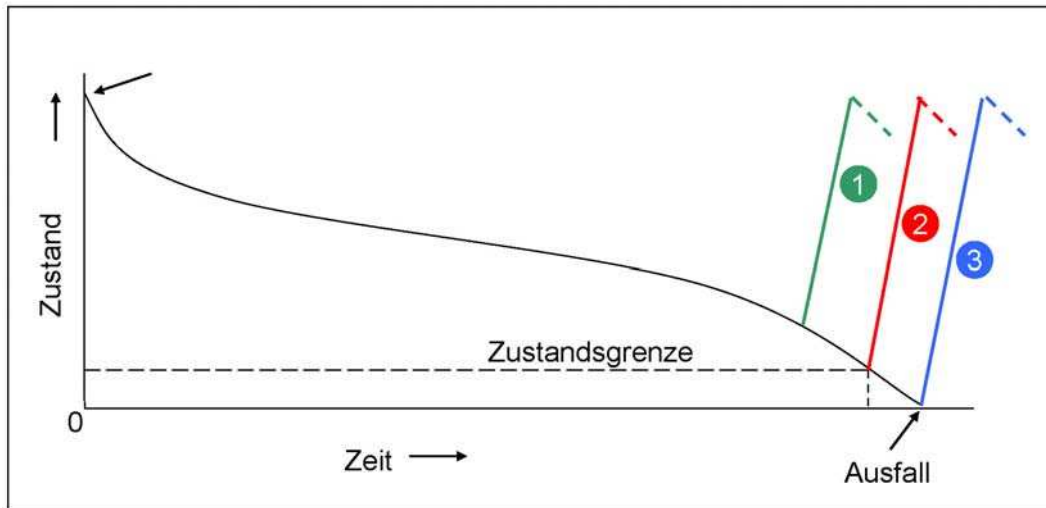


Bild 2: Graphische Darstellung von Instandhaltungsstrategien

Die **Präventivstrategie (1)** setzt voraus, dass der wahrscheinliche Zeitpunkt des Ausfalls bekannt ist. Eine Instandsetzung erfolgt, wenn dieser wahrscheinliche Zeitpunkt erreicht ist. Die Maßnahmen werden vor dem Schadens- oder Ausfallereignis getätigt. Dies hat zur Folge, dass das Bauteil oder die technische Anlage ausgetauscht wird, bevor die Zustandsgrenze erreicht ist. Die mögliche Nutzungsdauer wird damit nicht komplett ausgenutzt. Die Kosten infolge der zusätzlichen Instandsetzungsmaßnahmen müssen durch verringerte Folgekosten und/ oder Kosteneinsparungen durch planbare Instandsetzungen eingespart werden. In der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung werden im Rahmen der Planmäßigen Unterhaltung (PU) kleinere Elemente von maschinentechnischen Anlagen präventiv instand gesetzt.

Die **Ausfallstrategie (3)** oder auch Feuerwehrstrategie genannt, beruht auf dem Prinzip, dass eine Instandsetzung erst dann erfolgt, wenn ein Schaden, ein Ausfall oder eine Störung eingetreten ist. Dabei wird die theoretische Nutzungsdauer optimal bis zum Versagen ausgenutzt. Als Nachteile sind zu beachten, dass Folgeschäden entstehen können, höhere Ausfallzeiten auftreten können und damit die Funktionsfähigkeit der Anlage eingeschränkt sein kann.

Die **Inspektionsstrategie (2)** versucht die Vorteile der beiden Varianten zu verknüpfen und die Nachteile zu vermeiden. Dazu werden einzelne Bauteile oder technische Anlagen in regelmäßigen, festgelegten Zeitabschnitten inspiziert. Ziel der Inspektionen ist es, den tatsächlichen Ist-Zustand festzustellen, um den zeitlichen Abstand bis zur Zustandsgrenze zu bestimmen. Eine Instandsetzungsmaßnahme wird erst eingeleitet, wenn die Zustandsgrenze nahezu erreicht ist. Die verbleibende Zeit muss mindestens ausreichen, um die Instandsetzungsmaßnahme durchzuführen. Die Lebensdauer der einzelnen Bauteile und technischen Anlagen wird optimal ausgenutzt. Gleichzeitig wird die Funktionsfähigkeit der Anlage bzw. die Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit von

Bauteilen überprüft, womit die Sicherheit der Anlage gewährleistet wird. Nachteilig sind einzig die zusätzlich entstehenden Kosten durch die Inspektionen. Die Vorgehensweise der WSV im Hinblick auf die Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit der Verkehrswasserbauwerke mit Bauwerksinspektionen nach VV-WSV 2101 [2] und nachfolgenden, zustandsorientierten Instandsetzungsmaßnahmen entspricht einer Inspektionsstrategie.

Um Instandsetzungsmaßnahmen rechtzeitig zu erkennen und einen möglichst großen Planungshorizont ausnutzen zu können, ist es hilfreich, möglichst frühzeitig zu wissen, wann die Zustandsgrenze erreicht werden wird. Nur so werden die Vorteile der Inspektionsstrategie ausgenutzt. Das Ziel ist es dabei, die in Bild 1 dargestellte „Lebenskurve des Bauwerks“ bereits zu Beginn zu kennen oder mindestens abzuschätzen. Nur dann ist es auch möglich, bei Instandsetzungen einzelner Elemente der Anlage eine auf die voraussichtlichen Nutzungsdauern der anderen Elemente abgestimmte Maßnahme durchzuführen. Zusätzlich können Instandhaltungsmaßnahmen geplant, zusammengefasst und sinnvoll kombiniert werden.

3. Ansätze der WSV

Die Ergebnisse der Bauwerksinspektionen werden in der WSV mit dem Programmsystem WSVPruf standardisiert dokumentiert [3]. Dabei werden die Schäden in Schadensklassen von 1 bis 4 eingestuft. Zur WSV-weiten Vereinheitlichung hat die BAW das Merkblatt „Schadensklassifizierung an Verkehrswasserbauwerken“ erstellt [4]. Aus den einzelnen Schadensklassifizierungen werden eine Gesamtzustandsnote für jede Anlage und Teilnoten für die Gewerke Konstruktion, Stahlbau, Ausrüstung, Korrosionsschutz und Sonstiges einer Anlage generiert. Diese Noten mit dem Spektrum von 1 (guter Zustand) bis 4 (Handlungsbedarf) ermöglichen eine Beschreibung des Ist-Zustandes.

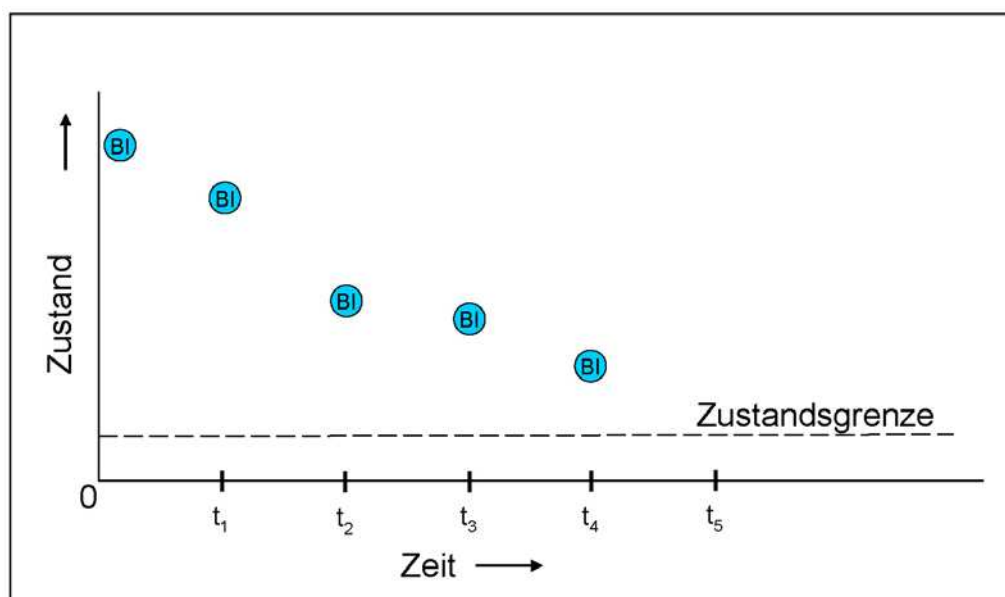


Bild 3: Überprüfung des Zustandes bei der Bauwerksinspektion

Allein durch die WSV-weiten aggregierten und standardisierten Noten lässt sich mit Hilfe der Bauwerksinspektion der Instandsetzungsbedarf abschätzen.

Wenn ein ausreichender Datenbestand z.B. aus der Bauwerksinspektion vorliegen würde, könnten die „Lebenskurven der Bauwerke“ aus diesem Datenbestand statistisch abgeleitet werden. Aber dazu reicht die bisher gewonnene Datenmenge nicht aus.

Für die Beschreibung des Verfalls existieren nur wenige physikalische Gesetzmäßigkeiten. Diese sind im Wesentlichen Korrosion von Stahl sowie Chloridmigration und Karbonatisierung im Beton. Die Verfallsprozesse sind häufig überlagert, wenn z.B. die Chloridmigration an Stellen mit Betonabplatzungen oder starker Rissbildung stattfindet. Die Beschreibung auf Basis einzelner Verfallsprozesse wird dadurch sehr schwierig bis unmöglich und bedarf noch umfangreicher Grundlagenforschung.

Die BAW hat sich daher im Rahmen der Entwicklung des Erhaltungsmanagementsystems entschieden, vorhandene Erfahrungen und konkretes Expertenwissen systematisch mit Hilfe eines Delphi-Interviews abzufragen und auszuwerten. Als Ergebnis liegen sogenannte Überlebensfunktionen (entsprechen den „Lebenskurven“, vgl. Bild 1) für die oben beschriebenen Gewerke vor. Zusätzlich konnten aus dem Delphi-Interview Parameter für Markov-Ketten gewonnen werden, mit denen 14 aggregierte Verfallsprozesse entwickelt werden konnten [3].

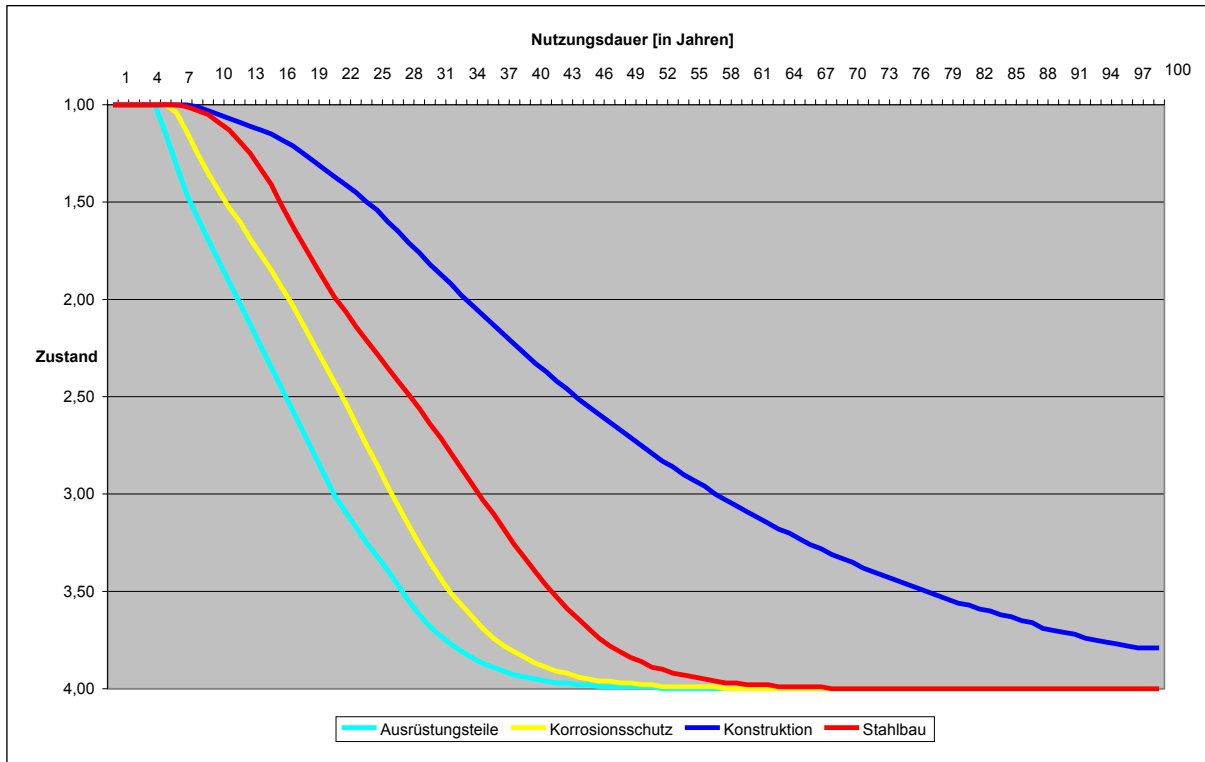


Bild 3: Überlebensfunktionen der Gewerke

Die Markov-Ketten sind aufgrund ihrer Flexibilität sehr gut geeignet, das Fortschreiten von begonnenen Schadensprozessen unterschiedlichster Art zu beschreiben. Die Überlebensfunktionen sind demgegenüber zweckdienlich auf aggregierterer Ebene den Lebenszyklus von ungeschädigten

Bauteilgruppen zu erfassen. Gemeinsam fügen sich die Verfahren damit sinnvoll in das Prognoseverfahren für eine Instandhaltungsplanung ein.

Im Erhaltungsmanagementsystem wurde die Zustandsgrenze auf die Note 3,5 gesetzt. Dieser Zustand sollte nicht erreicht werden, auch wenn die Anlagen bei weiterem Verfall nicht zwingend ausfallen. Zusammen mit den Ergebnissen aus der Bauwerksinspektion und der Zustandsprognose kann damit für verschiedene Gewerke die (restliche) Nutzungsdauer abgeschätzt werden. Auf diese Weise kann für einzelne Bauwerke, bestimmte Streckenabschnitte, Ämter-, Direktionsgebiete oder den Gesamtbestand eine Aussage über bevorstehende Instandsetzungsmaßnahmen erzielt werden.

Beispielhaft werden in der nachfolgenden Tabelle die aktuellen Teil- und Gesamtnoten für zehn Schleusen an einem bestimmten Streckenabschnitt dargestellt.

	Konstruktion	Stahlbau	Ausrüstung	Sonstiges	Gesamtnote
Schleuse 1	2,1	2,9	3,2	1,1	3,2
Schleuse 2	2,1	4	3,8	1	4
Schleuse 3	3	3,2	1,9	2,1	3,2
Schleuse 4	1,2	1,1	3,8	1,1	3,8
Schleuse 5	4	3,9	3,9	2,2	4
Schleuse 6	4	2,1	2	1	4
Schleuse 7	2,8	2,2	3,1	1	3,1
Schleuse 8	1,2	1	1,8	1	1,8
Schleuse 9	3,9	3,9	2,9	4	4
Schleuse 10	2,1	2,2	2	1	2,2

Bild 4: Übersicht der Teil- und Gesamtnoten für zehn Schleusen an einem bestimmten Streckenabschnitt

Es wird deutlich, dass an den Schleusen 5 und 9 Handlungsbedarf herrscht, da sich nahezu alle Teilnoten der Gewerke in einem schlechten Zustand befinden. Senkrecht gelesen zeigt die Zusammenstellung, dass sich beispielsweise an den Schleusen 2, 4 und 5 eine gebündelte Instandsetzung der Ausrüstungsteile anbieten würde.

Das Ziel einer vorausschauenden Instandsetzungsplanung ist es, auch über zukünftig erforderliche Maßnahmen informiert zu sein. Damit sind sie planbar und Synergien können genutzt werden. Ebenso ermöglicht die Prognose ein abgestimmtes, wirtschaftliches Vorgehen, wenn nur ein Teilbereich einer Anlage instand gesetzt wird.

Dieser Überblick -und damit eine Unterstützung in der Instandsetzungsplanung- kann bereits mit den entwickelten Modulen des EMS gewonnen werden.

4. Ausblick

Der nächste Schritt in der Entwicklung des Erhaltungsmanagementsystems sieht die Verknüpfung mit Instandsetzungsmaßnahmen und -kosten vor. Somit ist auch eine Prognose der zukünftigen Aufwendungen in Form von Finanzmittel u.ä. möglich.

Zusätzlich wird ein Verfahren implementiert, mit dem über den Zustand hinaus weitere Faktoren für eine Priorisierung der Instandhaltungsmaßnahmen berücksichtigt werden können. Zu diesen Faktoren kann beispielsweise die verkehrliche Bedeutung der Wasserstraße, die Bedeutung der Anlage für den Schiffsverkehr, die Möglichkeit von Umfahrungen u.ä. zählen. Ziel ist eine transparente und objektive Instandhaltungsplanung mit Blick auf das gesamte Wasserstraßennetz, die auch in Zeiten knapper Haushaltsmittel eine effiziente und wirtschaftliche Instandhaltung unter Wahrung der Sicherheit und Ordnung der Anlagen gewährleistet.

Literatur

- [1] DIN 31051: Grundmaßnahmen der Instandhaltung. Deutsches Institut für Normung e.V..Juni 2003
- [2] VV-WSV 2101 Bauwerksinspektion. Verwaltungsvorschrift der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung 2009.
- [3] Kühni, K., Bödefeld, J., Kunz, C.: EMS-WSV – Ein Erhaltungsmanagementsystem für Verkehrswasserbauwerke. Bautechnik 85 (2008) Heft 8. S. 514-520. Berlin 2008.
- [4] BAW-Merkblatt Schadensklassifizierung an Verkehrswasserbauwerken (MSV). Bundesanstalt für Wasserbau. Karlsruhe 2011. <http://www.baw.de>